

УДК 612.76

Самсонова, А.В. Срочные тренировочные эффекты воздействия силовых упражнений методом до "отказа" на скелетные мышцы человека / А.В. Самсонова, Е.А. Косьмина //Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Випуск 91. Том 1 Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт.- Чернігів, 2011.– 407-410.

Самсонова А.В., Косьмина Е.А.

СРОЧНЫЕ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ МЕТОДОМ ДО «ОТКАЗА» НА СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ ЧЕЛОВЕКА

*Проведенные исследования свидетельствуют, что в «отказном» цикле движения значительно уменьшается скорость сокращения *m. vastus lateralis* и площадь, ограниченная ее фазовой траекторией, при этом значительно возрастают все характеристики ЭМГ: длительность, амплитуда и суммарная электрическая активность.*

Ключевые слова: силовая тренировка, «отказ» мышц, фазовые траектории, ЭМГ *m. vastus lateralis*.

Постановка проблемы. В настоящее время накоплено большое количество фактического материала о воздействии силовой тренировки, проводимой в различных режимах мышечного сокращения (концентрическом, изометрическом и эксцентрическом) на структурные, физиологические, биохимические и биомеханические показатели скелетных мышц (P.J. Rasch, L.E. Morehouse, 1957; D.A. Jones, O.M. Rutherford, 1987; E.J.Hagbie et al., 1996; G.R.Adams et al., 2004; А.И.Нетреба, 2007). В то же время менее исследовано воздействие на аналогичные показатели различных методов силовой тренировки: максимальных и субмаксимальных усилий, а также метода «до отказа». Также недостаточно данных о срочных и отставленных тренировочных эффектах воздействия на скелетные мышцы отягощений различной массы, посредством применения метода до “отказа”.

Целью исследования являлось изучение срочных тренировочных эффектов воздействия отягощений различной массы на скелетные мышцы начинающих спортсменов при выполнении силовых упражнений методом до “отказа”.

Методы исследования. Во время выполнения силового упражнения регистрировалась поверхностная электромиограмма (ЭМГ) *m. vastus lateralis* с помощью ПАК “Миоком” (разработчик ОКБ Ритм г. Таганрог). В цикле движения оценивались: длительность с; максимальная амплитуда, мкВ, а также суммарная электрическая активность (СЭА), мкВс. Одновременно с ЭМГ движение исследуемого фиксировалось видеокамерой Canon PowerShot SX10 IS. Частота съемки составляла 30 кадр/с, разрешение 640x480 px.

Организация исследования. В исследовании приняли участие 10 начинающих спортсменов (возраст $18,2 \pm 0,3$ лет, рост $178,4 \pm 2,5$ см, масса $74,3 \pm 2,5$ кг). Исследуемые



Рис. 1. Выполнение силового упражнения на тренажере

выполняли однократную силовую тренировку мышц-разгибателей голени (*m. quadriceps femoris*) на тренажере фирмы Technogym (рис.1). Одной ногой они выполняли пять подходов до «отказа» упражнения с отягощением в 80% от 1 ПМ (1ПМ – максимальное отягощение, которое исследуемый мог поднять один раз),

затем другой – пять подходов до «отказа» с отягощением, 40% от 1 ПМ. Пауза отдыха между подходами составляла две минуты.

Из исходного положения, сидя на тренажере, тестируемая нога под валиком, угол между голенью и бедром 90 град. по команде экспериментатора исследуемый начинал повторно разгибать и сгибать ногу в коленном суставе до полного отказа от выполнения задания. Чтобы устранить влияние на результат доминантной ноги, половина исследуемых выполняла ФН с отягощением 40% от 1ПМ более сильной ногой, остальные – более слабой ногой.

Обработка полученных результатов. На основе данных видеосъемки, антропометрических показателей исследуемых и данных, полученных на трупном материале (I.M.Kozlov, A.V.Samsonova, A.B.Sinukhin, 1996) посредством разработанной модели (И.М.Козлов, А.В.Самсонова, В.Г.Соколов, 1988) рассчитывались длина и скорость сокращения *m. vastus lateralis*. После этого строились фазовые траектории в плоскости «относительная длина – скорость сокращения мышцы» и рассчитывалась площадь, ограниченная фазовой траекторией в стандартном и «отказном» циклах движения.

Статистический анализ выполнялся посредством пакета STATGRAPHICS Centurion XV. Рассчитывались среднее арифметическое и его ошибка ($M \pm m$) при выполнении стандартного (второй, третий и четвертый цикл второго подхода) и «отказного» циклов (последний цикл пятого подхода). Статистические гипотезы проверялись посредством критериев Стьюдента и Фишера.

Результаты. Полученные данные свидетельствуют о том, что площадь, ограниченная фазовой траекторией *m. vastus lateralis* при выполнении упражнения в «отказном» цикле *значительно меньше* аналогичной характеристики стандартного цикла (табл. 1, рис.2). Например, площадь, ограниченная фазовой траекторией, в стандартном цикле при выполнении физической нагрузки (ФН) с отягощением в 40% от 1ПМ составляет $203,8 \pm 8,6$ см/с, а в «отказном» цикле – $102,3 \pm 7,68$ см/с ($p \leq 0,001$)¹. Площадь, ограниченная фазовой траекторией, при выполнении ФН с отягощением в 80% от 1 ПМ в стандартном цикле равна $134,2 \pm 12,9$ см/с, а в «отказном» – $103,2 \pm 10,0$ см/с ($p \leq 0,05$).

¹ Размерность площади, ограниченной фазовой траекторией (см/с) связана с тем, что использовалась не абсолютная, а относительная длина мышцы.

Таблица 1

Площадь, ограниченная фазовыми траекториями *m. vastus lateralis* при выполнении стандартного и «отказного» циклов движения с отягощением 40% и 80% от 1ПМ, см/с ($M \pm m$, $n=10$)

Величина отягощения, %	Стандартный цикл	«Отказной» цикл	Достоверность различий
40	203,8±8,6	102,3±7,6	$p \leq 0,001$
80	134,2±12,9	103,2±10,0	$p \leq 0,05$
Достоверность различий	$p \leq 0,001$	$p > 0,05$	

Следует отметить, что значительное уменьшение площади, ограниченной фазовой траекторией во время выполнения «отказного» цикла движения с нагрузкой в 40% и 80%, связано, прежде всего, с *понижением скорости сокращения мышцы в концентрическом режиме* (на фазовой кривой эта область располагается над осью абсцисс).

Результаты исследования ЭАМ *m. vastus lateralis* свидетельствуют о том, что повышение ФН во время выполнения *стандартного цикла* с 40% до 80% приводит к достоверному ($p \leq 0,05$) увеличению всех характеристик ЭМГ: *длительности, максимальной амплитуды и СЭА* (табл. 2). Аналогичным образом изменяются характеристики ЭМГ под воздействием ФН методом до «отказа». Они *достоверно возрастают* во время «отказного» цикла по сравнению со *стандартным* (табл. 2, рис. 3).

Вариативность СЭА *m. vastus lateralis* в «отказном» цикле достоверно выше ($p \leq 0,05$) по сравнению со стандартным как при выполнении ФН с отягощением в 40%, так и с отягощением в 80% от 1 ПМ.

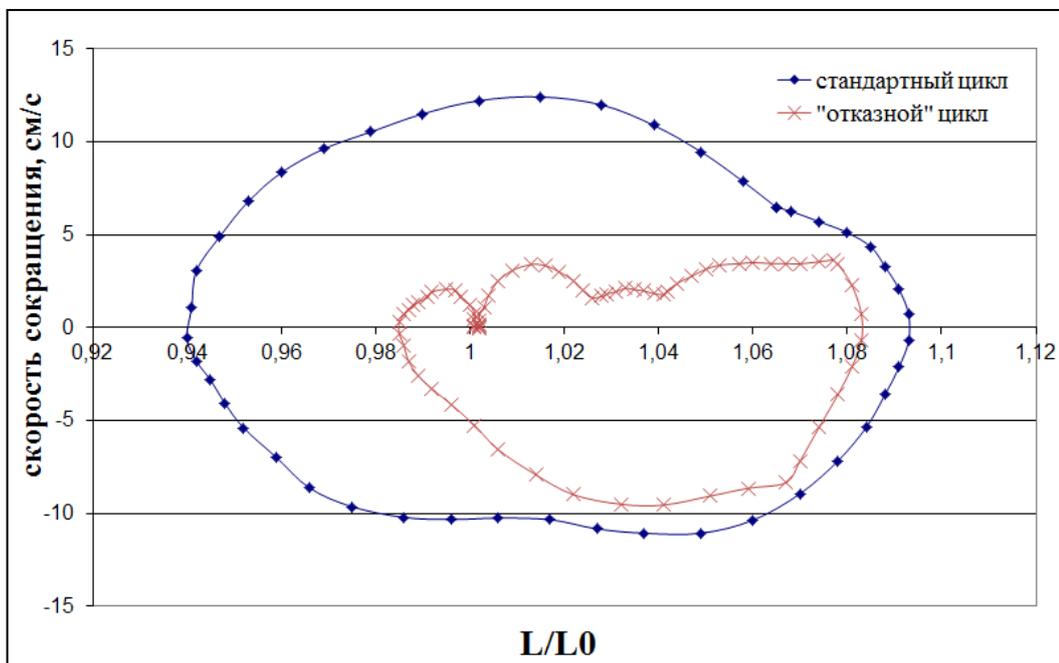


Рис. 2. Фазовый портрет *m. vastus lateralis* при выполнении силовых упражнений с отягощением 40% от максимума (Испыт. П.А.), левая нога

Таблица 2

Электромиографические характеристики *m. vastus lateralis* при выполнении стандартного и «отказного» циклов ($M \pm m$), $n=10$

Величина отягощения, %	Характеристики ЭМГ	Стандартный цикл	«Отказной» цикл	Достоверность различий
40	Длительность ЭМГ, с	1,4±0,1	2,7±0,2	$p \leq 0,001$
	Максимальная амплитуда ЭМГ, мВ	0,5±0,1	0,9±0,2	$p \leq 0,05$
	Суммарная ЭМГ, мВс	0,6±0,1	1,4±0,4	$p \leq 0,05$
80	Длительность ЭМГ, с	1,9±0,2	4,0±0,5	$p \leq 0,001$
	Максимальная амплитуда ЭМГ, мВ	0,7±0,1	1,1±0,2	$p \leq 0,01$
	Суммарная ЭМГ, мВс	1,0±0,1	2,2±0,3	$p \leq 0,01$

Обсуждение и заключение. Давно известно, что *увеличение внешней нагрузки* на скелетную мышцу приводит к *уменьшению скорости сокращения мышцы в концентрическом режиме*. Эту зависимость описывает характеристическое уравнение А. Хилла «сила-скорость» (А. Хилл, 1972). Аналогичным образом действует выполнение силовых упражнений методом до «отказа». В «отказном» цикле по сравнению со стандартным, *значительно уменьшается скорость сокращения мышцы в концентрическом режиме*.

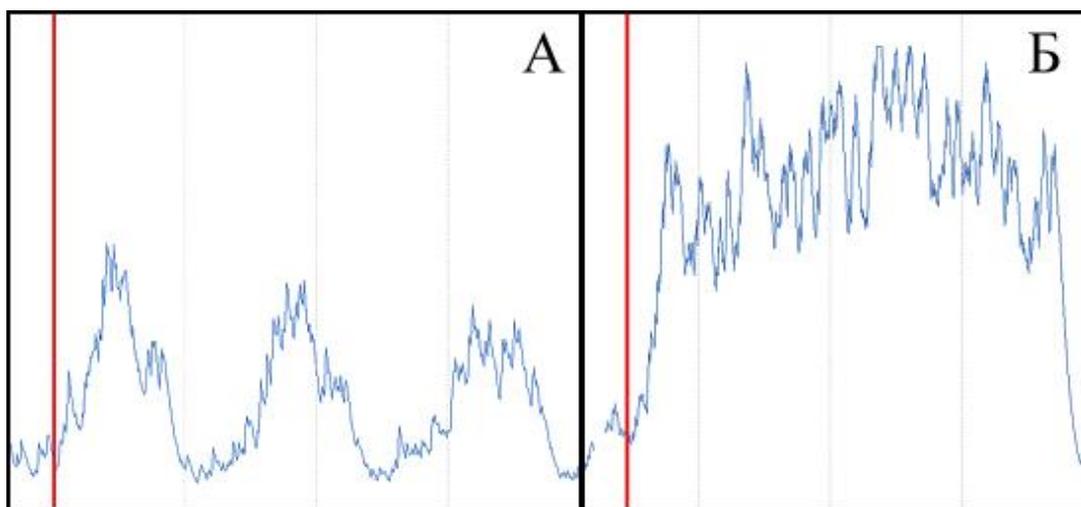


Рис. 3. Суммарная электрическая активность *m. vastus lateralis* при выполнении 2, 3 и 4 стандартных циклов (А) и «отказного» цикла (Б) силового упражнения с отягощением в 40% от 1ПМ. Вертикальные линии соответствуют началу цикла

На возрастание внешней нагрузки *m. vastus lateralis* реагирует увеличением всех показателей ЭМГ: длительности, амплитуды и СЭА. Аналогичные изменения происходят во время выполнения силовых упражнений методом до «отказа». В «отказном» цикле по сравнению со стандартным, существенно возрастают длительность, амплитуда и СЭА. Эта закономерность справедлива при выполнении силовых упражнений с отягощением в 40 и 80% от 1 ПМ.

Зарегистрированное в эксперименте увеличение вариативности СЭМ *m. vastus lateralis* во время «отказного» цикла при выполнении ФН с отягощением в 40% и 80% от максимального может свидетельствовать о возрастании количества активных мышечных волокон (В. Виро, D.L. Patridge, 1971; А.А. Гидиков, 1975).

Выводы

1. При выполнении силовых упражнений в последнем («отказном») цикле движения значительно *уменьшается скорость сокращения m. vastus lateralis* и площадь, ограниченная ее фазовой траекторией.
2. При выполнении силовых упражнений в «отказном» цикле движения *значительно возрастают все характеристики ЭМГ*: длительность, амплитуда и СЭА. Зарегистрированные результаты справедливы при выполнении силовых упражнений с отягощением в 40% и 80% от максимального.
3. По внешним (скорость сокращения и площадь фазовой траектории *m.vastus lateralis*) и внутренним (характеристики ЭАМ) проявлениям срочных тренировочных эффектов влияние ФН методом до «отказа» аналогично увеличению внешнего отягощения.

Литература

1. Гидиков, А.А. Теоретические основы электромиографии. Биофизика и физиология двигательных единиц / А.А. Гидиков.– Л.: Наука, 1975.– 182 с.
2. Козлов, И.М. Морфометрическая характеристика мышц нижних конечностей при движениях человека / И.М. Козлов, А.В. Самсонова, В.Г. Соколов // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, 1988.– 94.– №2.– С. 47-52.
3. Нетреба, А.Л. Специфические изменения скоростно-силовых возможностей скелетных мышц под влиянием тренировки в изотоническом и изокинетическом режимах мышечного сокращения и при гипокинезии / А.Л. Нетреба: Автореф. дис.... канд. биол. наук. – М., 2007. – 24 с.
4. Хилл, А. Механика мышечного сокращения / А. Хилл.– М.: Мир, 1972.– 183 с.
5. Adams, G.R. Skeletal muscle hypertrophy in response to isometric, lengthening, and shortening training bouts of equivalent duration / G.R. Adams, D.C. Cheng, F. Haddad, K.M. Baldwin // Journal of Applied Physiology, 2004. – V. 96. – P. 1613–1618.
6. Biro, G. L. Analysis of the multiunit spike records / G. Biro, L. Patridge // Journal of Applied Physiology, 1971.– V. 30.– P. 521-526.

7. Higbie, E.J. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation / E.J. Higbie, K.J. Cureton, G.L. Warren III, B.M. Prior // Journal of Applied Physiology, 1996. – V.81.– № 5. – P. 2173-2181.

8. Jones, D.A. Human Muscle Strength Training: the effects of three different regimes and the nature of the resultant changes / D.A. Jones, O.M. Rutherford // Journal of Physiology, 1987. – № 391. – P. 1-11.

9. Kozlov, I.M. Anatomical Data for Biomechanical Calculations / I.M. Kozlov, A.V. Samsonova, A.V. Sinukhin // Current Research in Sport Sciences. An International Perspective: Plenum Press.– New York-London, 1996.– P. 117-121.

10. Rasch, P.J. Effect of Static and Dynamic Exercises on Muscular Strength and Hypertrophy / P.J. Rasch, L.J. Morehouse // Journal of Applied Physiology, 1957. – V.11. – P. 29–34.

Samsonova A.V., Kos'mina E.A.

SHORT-TERM EFFECTS OF TRAINING TO FAILURE ON THE HUMAN SKELETAL MUSCLES

Studies show, that by the point of momentary muscular failure the speed of m. vastus lateralis contraction and the area, limited by its phase trajectory are decreasing significantly, but such EMG characteristics as duration, amplitude and integrated electrical activity are considerably increasing.

Keywords: *strength training, momentary muscular failure, phase trajectory, EMG, m. vastus lateralis.*